

- J. Food Agricult. Environ. – 2009. – Vol. 7. – № 3–4. – P. 518–521.
18. Tremblay, N. Corn response to nitrogen is influenced by soil texture and weather / N. Tremblay, M. Yacine Bouroubi, C. Bélec // Soil Fertil. Crop Nutr. – 2012. – Vol. 104. – P. 1658–1671.
19. Крамарёв, С. М. Удобрение кукурузы на черноземах обыкновенных степной зоны Украины / С. М. Крамарёв. – Днепрпетровск: Новая идеология, 2010. – 632 с.
20. Продуктивность гибридов кукурузы в зависимости от удобрений и густоты стояния растений: монография / Л. П. Бельтюков [и др.]. – зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО ДГАУ, 2015. – 182 с.
21. Мышко, М. Н. Урожайность и качество кукурузы в зависимости от удобрений на выщелоченном черноземе Кубани: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / М. Н. Мышко. – Краснодар, 2004. – 174 с.

УДК 633.15:631.559

## Формирование урожая кукурузы в зависимости от густоты стояния растений возделываемого гибрида

Г. Н. Куркина<sup>1</sup>, Н. Ф. Надточаев<sup>1</sup>, А. З. Богданов<sup>1</sup>, О. Л. Ломонос<sup>2</sup>, кандидаты с.-х. наук,

<sup>1</sup>РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

<sup>2</sup>УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

(Дата поступления статьи в редакцию 13.02.2024)

Представлены результаты исследований, проведенных в 2021–2023 гг. на дерново-подзолистой связносупесчаной почве центральной части Беларуси. Установлено, что при севе в третьей декаде апреля гибридов кукурузы Фродо, Коринт и Неутрино семенами с лабораторной всхожестью, близкой к 100 %, страховая надбавка к оптимальной густоте стояния растений должна составлять 6–10 %. Оптимальная густота стояния растений при выращивании на силос для вышеуказанных гибридов следует считать 91–95 тыс./га. Среди них более высокой продуктивностью обладают Коринт и Неутрино. Эта же густота стояния растений является оптимальной и при выращивании на зерно гибридов Фродо и Коринт, показывающих наибольшую урожайность. Загущение посевов с 74 до 109 тыс. растений на 1 га приводит к незначительному снижению высоты растений и повышению влажности зеленой массы и зерна. Более существенное влияние на эти показатели оказывают погодные условия и генотип.

The results of the studies conducted in 2021–2023 on sod-podzolic cohesive sandy soil in the central part of Belarus are presented. It's established that when sowing the seeds of maize hybrids Frodo, Korint and Neutrino with laboratory germination of about 100 % in the last third of April the risk load to the optimal plant density should be 6–10 %. The optimal density of plants grown for silage for the above-mentioned hybrids should be 91–95 thousand/ha. Korint and Neutrino among them have a higher productivity. The same plant density is optimal when growing Frodo and Korint hybrids for grain, showing the highest yield. Getting plant density from 74 to 109 thousand per 1 hectare promotes a slight reduction of plant height and humidity increase in green mass and grain. Weather conditions and genotype have a more significant impact on these indicators.

### Введение

Кукуруза имеет ряд биологических особенностей, определяющих необходимость тщательного подхода к определению плотности посева и норм высева. Высокий урожай зеленой массы и зерна достигается правильным сочетанием оптимальной площади питания одного растения и соответствующего их числа на одном гектаре [1].

Густотой стояния растений регулируется тепловой, световой, водный и пищевой режимы. Варьирование числа растений на единице площади отражается на их жизнеспособности, росте и развитии, особенностях поступления и использования солнечной радиации, потребления влаги, питательных веществ, и в итоге – на урожайности зерна [2, 3, 4].

Оптимальная густота стояния растений зависит от биологических особенностей гибрида, плодородия почвы, условий увлажнения. Отклонение от оптимальных параметров как в сторону загущения, так и в сто-

рону уменьшения густоты стояния грозит значительным недобором, а иногда и потерей урожая [5]. Правильно сформированная плотность посева позволяет нивелировать негативное влияние погодных условий и эффективно использовать доступную солнечную радиацию для получения максимального урожая с приемлемой уборочной влажностью зерна.

В условиях достаточной влагообеспеченности увеличение густоты приводит к худшему вызреванию, следовательно, повышенной влажности зерна при уборке. При дефиците влаги, наоборот, наблюдается преждевременное прекращение вегетации и созревание растений, вследствие чего происходит недобор урожая [6].

Несходственная реакция на загущение может наблюдаться и в пределах одной группы спелости гибридов. Одной из причин таких различий являются особенности архитектуры надземных органов. Так, загущение меньше влияет на некустающиеся формы, чем на кустающиеся, разница в оптимальной густоте между ними может достигать 20–40 тыс. растений на 1 га [6].

Таким образом, выбор густоты стояния растения для каждого гибрида в конкретной агроклиматической зоне необходимо делать и с учетом специфических требований генотипов или их групп.

### Методика и условия проведения исследований

Исследования проводили в 2021–2023 гг. на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» на дерново-подзолистой супесчаной почве, развивающейся на связных пылеватых супесях, подстилаемых моренным суглинком с глубины 0,4–0,9 м. Агрохимическая характеристика опытного участка: pH 6,14, гумус – 2,70 %,  $P_2O_5$  – 200 мг/кг,  $K_2O$  – 286 мг/кг почвы. Предшественник – кукуруза. Подготовка почвы включала дискование, зяблевую вспашку, весеннее дискование и предпосевную обработку АКШ. В 2021 г. использовалось прямое действие 50 т/га навоза. Калийные ( $K_{115}$ ) в виде хлористого калия и фосфорные удобрения ( $P_{45}$ ) в виде аммонизированного суперфосфата ежегодно вносили перед зяблевой вспашкой. Весной под первую обработку заделывали карбамид в дозе  $N_{120}$ .

Объектом исследований были гибриды кукурузы Фродо (ФАО 230), Коринт и Неутрино (ФАО 240), которые изучались при густоте стояния растений 80, 100 и 120 тыс. шт./га. Посев семян, обработанных фунгицидным протравителем Редиги М, осуществляли в тре-

тьей декаде апреля с увеличенной на 50 % надбавкой. После подсчета количества взошедших растений проведено подравнивание густоты их стояния согласно схеме опыта. Способ сева – широкорядный, ширина междурядий – 70 см. В фазу 2–3 листьев кукурузы вносили гербициды. Площадь опытных делянок – 20 м<sup>2</sup>, повторность – четырехкратная.

Отличительной особенностью 2021 г. явилась холодная погода апреля и мая. Среднесуточная температура воздуха в апреле и мае оказалась на 0,8 и 1,2 °С соответственно ниже многолетнего значения. Осадков в апреле выпало 65 % от нормы, в мае – 207 %. Однако теплая погода в июне и достаточное количество осадков обеспечили быстрый рост растений. Негативным моментом вегетационного периода явился существенный дефицит влаги в критический период кукурузы, который начинается за 10 дней до выметывания и продолжается около 40 дней. Он пришелся на июль – первую декаду августа. При средней норме выпадения осадков в июле 94,6 мм, в 2021 г. их было 34,2 мм. Относительный коэффициент суммы осадков в июле – второй декаде августа к сумме осадков в мае-июне составил 0,36 при норме 0,97. Из-за дефицита осадков в критический период влажность почвы к моменту цветения початков в пахотном слое опускалась до мертвого запаса (ниже 6 %) и длительное время находилась на критическом уровне, в результате чего развитие растений сильно задержалось (рисунок 1).

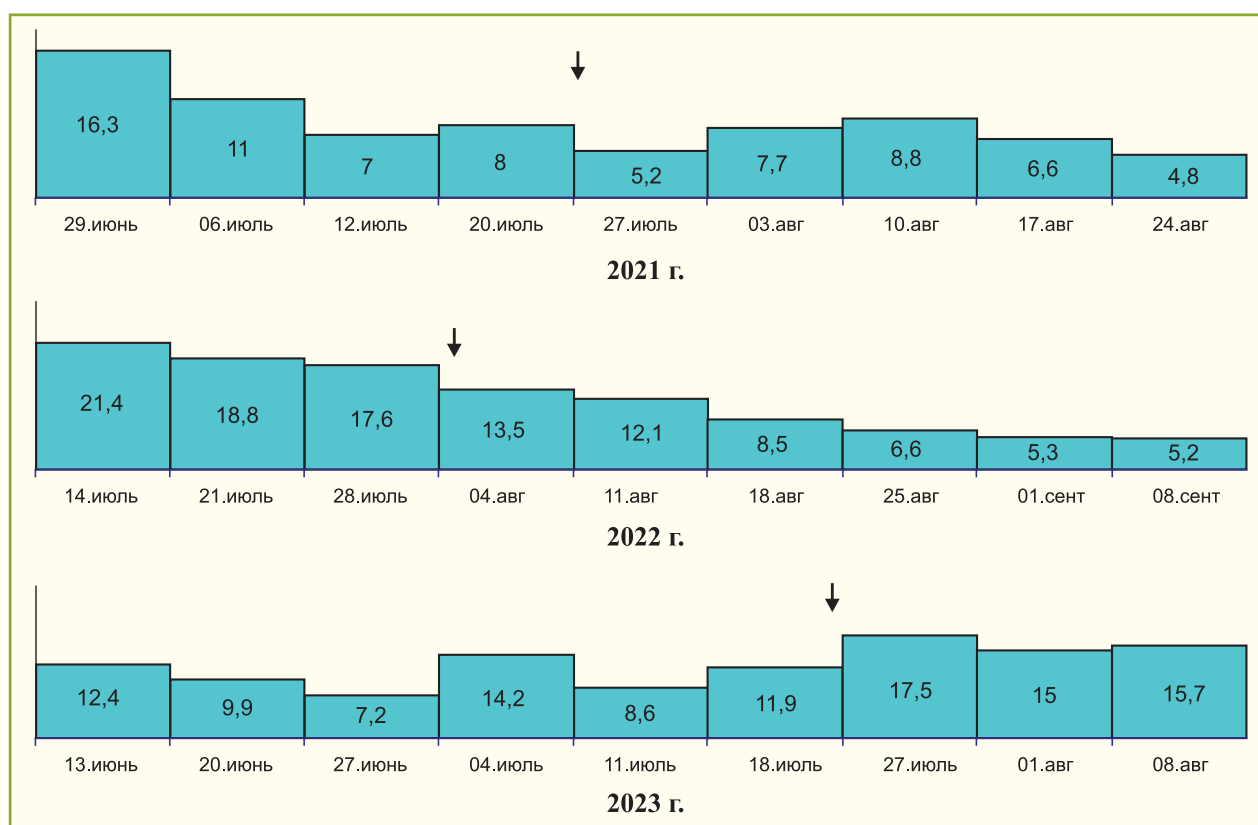


Рисунок 1 – Динамика влажности почвы в критический период роста кукурузы, % (стрелками показано наступление цветения початка)

Сумма эффективных температур (выше 10 °С) с мая по сентябрь в 2021 г. составила 1019 °С при норме 896 °С, осадков по данным метеостанции Борисов выпало 435 мм при норме 370 мм.

Подобно предыдущему году, в апреле и мае 2022 г. зафиксирована холодная погода (на 2,1 °С ниже многолетнего значения). Осадков в апреле выпало 102 мм или 2,5 нормы, в мае – 94 мм или 1,5 нормы. В после-

дующем теплая погода в июне (19,0 °С) и умеренное количество осадков (86 % от нормы) обеспечили хороший рост растений кукурузы. В июле температурный и водный режимы находились в пределах многолетних значений, что благоприятно сказалось на росте и развитии растений. Однако жаркая погода с отсутствием осадков, начиная со второй декады августа, привела к отмиранию листьев вначале нижних, а к концу месяца у некоторых гибридов – и верхних. Кроме того, 6, 7 и 9 сентября отмечались ночные заморозки, также приведшие к частичному отмиранию листьев.

Сумма эффективных температур с мая по сентябрь в 2022 г. составила 915 °С, осадков выпало 352 мм.

Среднесуточная температура воздуха в апреле 2023 года оказалась на 1,3 °С выше многолетнего значения. Осадков выпало 25,7 мм, или 63 % от нормы. В мае среднесуточная температура воздуха соответствовала норме (13,2 °С), а осадков выпало лишь 8 % от нормы. Июнь оказался теплым, но также с дефицитом осадков (32 % от нормы), что к концу месяца повлекло за собой сильное снижение содержания влаги в почве до уровня мертвого запаса. По этой причине рост растений кукурузы практически прекратился. В июле погода была умеренно теплой с удовлетворительным выпадением и распределением осадков (80 % от нормы), что способствовало хорошему формированию початка. Однако дефицит влаги сохранялся до конца вегетационного периода, что вызвало преждевременное усыхание растений.

Сумма эффективных температур с мая по сентябрь в 2023 г. составила 1148 °С, осадков по данным метеостанции Борисов выпало 181 мм.

Таким образом, анализ погоды за последние 3 года свидетельствует о том, что продолжительные засушливые периоды отмечаются ежегодно, они приводят

к недобору урожая, поскольку дефицит влаги в пахотном слое сдерживает нитрификационные процессы в почве и ограничивает поступление питательных элементов в растения.

### Результаты исследований и их обсуждение

При лабораторной всхожести семян изучаемых гибридов, близкой к 100 %, полевая всхожесть заметно различалась, причем не только в зависимости от используемого генотипа, но и условий года. В то же время она не зависела от нормы высева семян. Наименьшее снижение полевой всхожести семян относительно лабораторной в среднем за 3 года исследований отмечено у гибрида Неутрино – 6 %, а наибольшее – у гибрида Фродо – 10 %. Самая высокая полевая всхожесть семян у всех испытуемых гибридов была в 2021 г. – 94 %. В довсходовый период, равный 21 суткам, среднесуточная температура воздуха в этот год равнялась 9,8 °С, количество осадков находилось в норме. В 2022 г. при среднесуточной температуре воздуха 10,2 °С за 20-дневный период от посева до всходов и избыточном количестве осадков полевая всхожесть семян равнялась 84–89 %. В 2023 г. при существенном дефиците осадков и самой низкой температуре воздуха в довсходовый период (9,5 °С) полевая всхожесть семян между гибридами существенно различалась. Меньше всего этот показатель снизился у гибрида Неутрино – на 4 %, а самое высокое значение (11 %) отмечено у гибрида Коринт. Таким образом, при апрельском сроке сева в среднем за три года исследований полевая всхожесть семян гибридов кукурузы Неутрино, Фродо и Коринт оказалась на уровне 90–92 %, а потери в поле составили от 6 до 10 %.

**Таблица 1 – Влияние условий года на полевую всхожесть семян и развитие гибридов кукурузы**

| Гибрид   | Полевая всхожесть семян*, % |         |         |         | Дней от всходов до цветения початка |         |         |         |
|----------|-----------------------------|---------|---------|---------|-------------------------------------|---------|---------|---------|
|          | 2021 г.                     | 2022 г. | 2023 г. | среднее | 2021 г.                             | 2022 г. | 2023 г. | среднее |
| Фродо    | 94(-6)                      | 84(-16) | 91(-8)  | 90(-10) | 68                                  | 73      | 66      | 69      |
| Коринт   | 94(-6)                      | 89(-11) | 89(-11) | 91(-9)  | 68                                  | 74      | 68      | 70      |
| Неутрино | 94(-3)                      | 88(-12) | 94(-4)  | 92(-6)  | 72                                  | 79      | 72      | 74      |

\* В скобках показано снижение полевой всхожести относительно лабораторной.

Фенологические наблюдения показали, что густота стояния растений в пределах 80–120 тыс./га не оказывала влияния на продолжительность периода от всходов до цветения початка, однако имелись различия по гибридам. В среднем за три года исследований для достижения фазы цветения гибридам Фродо и Коринт потребовалось 69–70 сут, Неутрино – 74. Сумма эффективных температур (выше 10 °С) за этот период составила от 572 °С для самого раннего гибрида до 623 °С для более позднего. Более эффективно тепловые ресурсы использовались гибридами в 2023 г. при умеренно теплой погоде (среднесуточная температура составила 17,7–17,8 °С) и наименее эффективно – в 2021 г. при жаркой погоде в период перед цветением, когда среднесуточные температуры на протяжении трех декад превышали 22 °С и в среднем за период от всходов до цветения початков равнялись 19,7–19,8 °С. Например, гибриду Фродо для достижения фазы цве-

тения початков в первом случае потребовалось 508 °С, во втором – 660, гибриду Неутрино – 566 и 706 °С соответственно.

На высоту растений кукурузы более значимое влияние оказывали погодные условия (рисунок 2).

Существенный недобор осадков с апреля по июнь 2023 г. (1/3 от нормы) привел к тому, что высота растений в среднем была на 19,3–22,4 % ниже, чем в два предыдущих года. Варьирование этого показателя составило 13,2 %, в то время как между гибридами оно равнялось 8,7 %, а под влиянием густоты стояния растений – лишь 1,1 %, причем более заметное снижение высоты растений отмечалось при плотности стеблестоя свыше 100 тыс. растений на 1 га. При этом высокорослый гибрид Неутрино сильнее реагировал снижением высоты растений на загущение посева, особенно в неблагоприятный по водному режиму год.

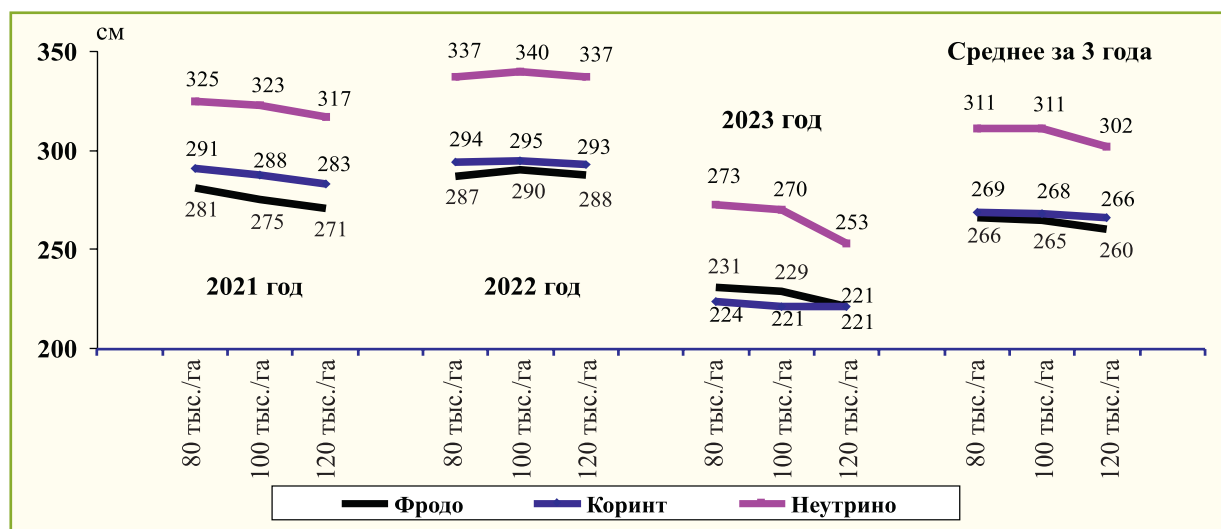


Рисунок 2 – Влияние густоты стояния и условий года на высоту растений гибридов кукурузы

Высота растений является одним из биометрических параметров, тесно коррелирующих с урожайностью зеленой массы ( $r = 0,86$ ). На величину последне-

го показателя оказывают влияние не только погодные условия, но и плотность стеблестоя возделываемого гибрида (рисунок 3).

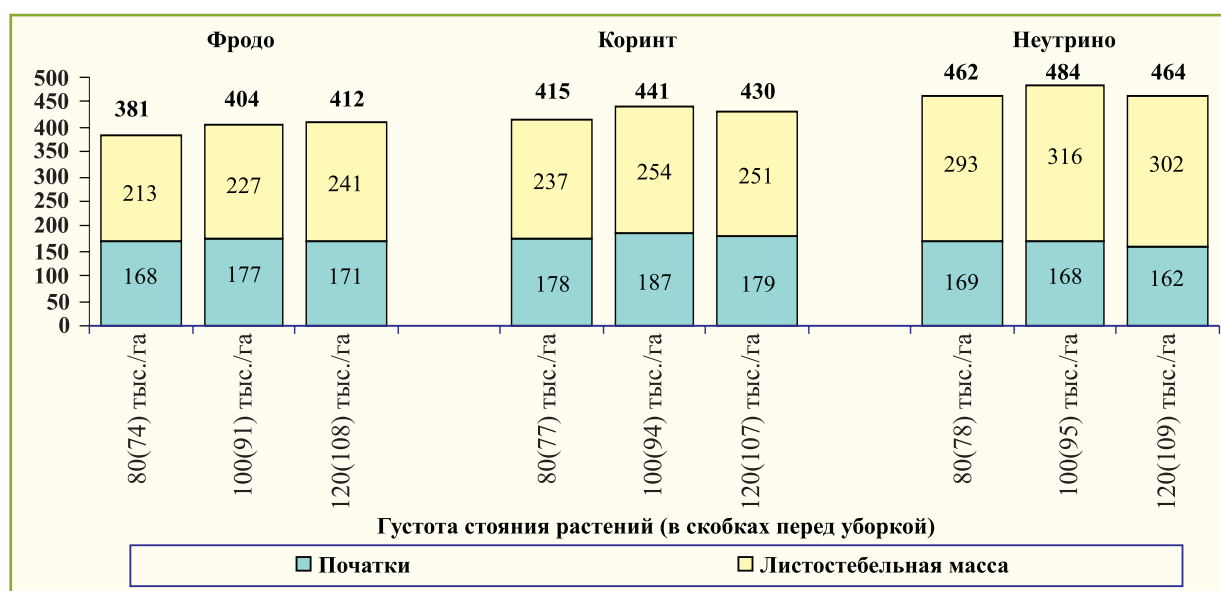


Рисунок 3 – Урожайность зеленой массы гибридов кукурузы в зависимости от густоты посевов, 2021–2023 гг.

Менее рослые Фродо и Коринт повышали сбор сырых початков при загущении посева до 91–94 тыс. растений на 1 га, а листостебельная масса у гибрида Фродо прирастала даже при увеличении количества растений до 108 тыс./га. Несоответствие предуборочной (фактической) густоты стояния растений той, которая была сформирована после полных всходов, связано с повреждением растений проволочником во время вегетации растений. В итоге Коринт и Неутрино наибольший сбор зеленой массы обеспечили при густоте стояния растений 94–95 тыс./га, а Фродо – 108 тыс./га. Однако в пересчете на сухое вещество и для этого гибрида более оптимальной оказалась меньшая густота стояния растений – 91 тыс./га (рисунок 4). При загущении посева незначительно (на 0,5–2,0 %) снижалась доля початков в урожае сухого вещества,

поэтому главным показателем продуктивности остается его сбор, который максимальное значение имел при плотности стеблестоя к уборке 91–95 тыс./га. У гибрида Фродо он составил 162,9 ц/га, Коринт – 172,3 и Неутрино – 174,7 ц/га.

Погода оказывала сильное влияние на формирование урожая зерна кукурузы, величина которого в среднем по изучаемым гибридам изменялась от 67,3 ц/га в 2022 г. до 105,0 ц/га в 2023 г. (таблица 2). Коэффициент вариации составил 23,5 %. Довольно большой он и в зависимости от выбора гибрида – 7,6 %. В то же время варьирование урожайности зерна под влиянием густоты стояния растений колебалось в пределах 2,6–4,9 %. Меньшее значение отмечено у гибрида Коринт, а максимальное – у Неутрино.

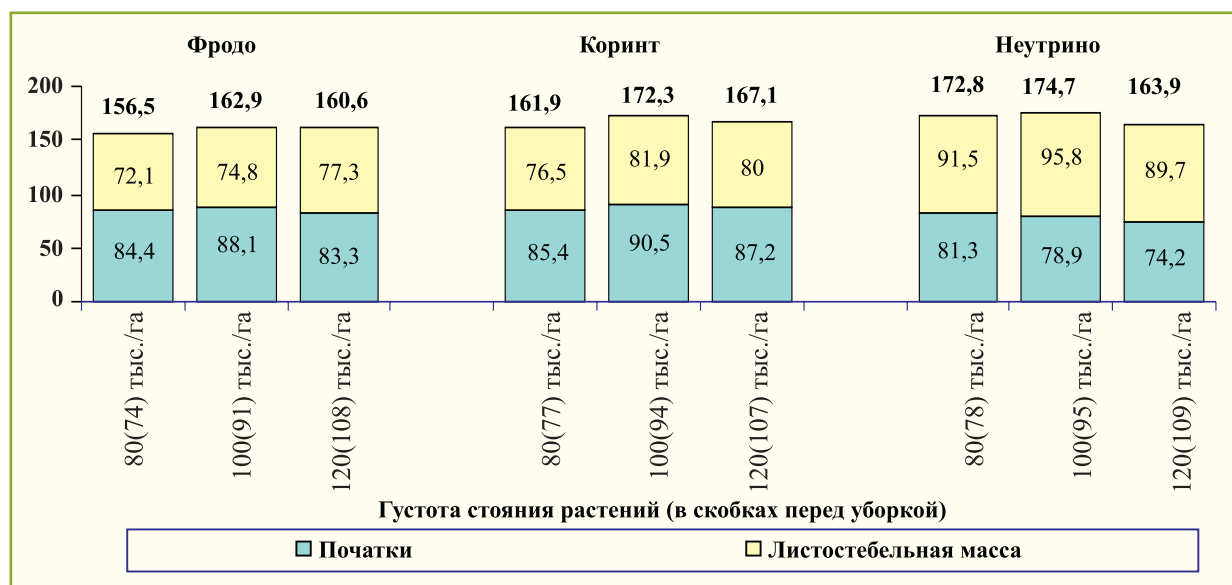


Рисунок 4 – Сбор сухого вещества гибридов кукурузы в зависимости от густоты посевов, 2021–2023 гг.

Таблица 2 – Влияние густоты стояния растений на урожайность зерна

| Гибрид               | Густота при уборке, тыс. шт./га | Урожайность, ц/га |         |         |         | Влажность зерна, % |
|----------------------|---------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|--------------------|
|                      |                                 | 2021 г.           | 2022 г. | 2023 г. | среднее |                    |
| Фродо                | 74                              | 87,6              | 66,2    | 99,0    | 84,3    | 39,2               |
|                      | 91                              | 84,1              | 74,4    | 107,0   | 88,5    | 40,0               |
|                      | 108                             | 74,2              | 66,5    | 109,8   | 83,5    | 41,0               |
| Коринт               | 77                              | 89,1              | 70,6    | 98,1    | 85,9    | 41,2               |
|                      | 94                              | 87,2              | 71,9    | 112,5   | 90,5    | 41,2               |
|                      | 107                             | 81,8              | 71,7    | 109,9   | 87,8    | 42,3               |
| Неутрино             | 78                              | 71,6              | 62,5    | 103,4   | 79,2    | 41,1               |
|                      | 95                              | 61,7              | 65,9    | 103,6   | 77,1    | 41,6               |
|                      | 109                             | 58,5              | 55,8    | 101,7   | 72,0    | 42,6               |
| НСП <sub>05</sub> АВ |                                 | 7,7               | 7,4     | 8,0     | 7,7     |                    |
| А (гибрид)           |                                 | 4,5               | 4,2     | 4,6     | 4,4     |                    |
| В (густота)          |                                 | 4,5               | 2,9     | 4,0     | 3,9     |                    |

В среднем за три года самый высокий сбор зерна стандартной влажности получен у гибридов Фродо и Коринт (88,5–90,5 ц/га) при густоте стояния растений 91–94 тыс./га. Уборочная влажность зерна на начало третьей декады сентября и сумме эффективных температур 990 °С у этих гибридов составила 40,0–41,2 %.

#### Заключение

1. При севе в третьей декаде апреля на дерново-подзолистой связносупесчаной почве гибридов кукурузы Фродо, Коринт и Неутрино семенами с лабораторной всхожестью, близкой к 100 %, страховая надбавка к оптимальной густоте стояния растений должна составлять 6–10 %.

2. Оптимальной густотой стояния растений при выращивании на силос для вышеназванных гибридов следует считать 91–95 тыс./га. Среди них более высокой продуктивностью обладают Коринт и Неутрино.

Эта же густота стояния растений является оптимальной и при выращивании на зерно гибридов Фродо и Коринт, показывающих наибольшую урожайность.

3. Загущение посевов с 74 до 109 тыс. растений на 1 га приводит к незначительному снижению высоты растений и повышению влажности зеленой массы и зерна. Более существенное влияние на эти показатели оказывают погодные условия и генотип.

#### Литература

1. Шмалько, И. А. Оптимизация площади питания растений гибрида кукурузы Машук 172 / И. А. Шмалько, В. Н. Багринцева // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2023. – № 1 (111). – С. 28–37.
2. Грабовський, М. Б. Продуктивність кукурудзи на силос та вихід біогазу залежно від густоти стояння рослин / М. Б. Грабовський // Наукові горизонти. – 2019. – № 7 (80). – С. 15–21.
3. Молдован, Ж. А. Вплив строків сівби, густоти стояння рослин та абіотичних факторів на формування врожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах Лісостепу Західного / Ж. А. Молдован, С. І. Собчук // Бюлетень Інституту сільськогосподарства степової зони НААН України. – Дніпропетровськ. – 2016. – № 11. – С. 31–38.
4. Черкашина, А. В. Влияние сроков и густоты посева на урожайность и уборочную влажность зерна кукурузы в неорошаемых условиях степной зоны Крыма / А. В. Черкашина, Е. Ф. Сотченко // Таврический вестник аграрной науки. – 2019. – № 4 (20). – С. 133–143.
5. Влащук, А. М. Влияние приемов агротехники на урожайность гибридов кукурузы различных групп спелости / А. М. Влащук, Н. Н. Прищепо, А. С. Колпакова // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 4. – С. 105–108.
6. Губин, С. В. Влияние густоты стояния растений на урожайность гибридов кукурузы различных групп спелости / С. В. Губин, А. М. Логинова, Г. В. Гетц // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2022. – № 3 (47). – С. 24–32.